

09. 4. 2004

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2003年10月14日

REC'D 03 JUN 2004

PCT

出願番号
Application Number: 特願2003-353433

[ST. 10/C]: [JP2003-353433]

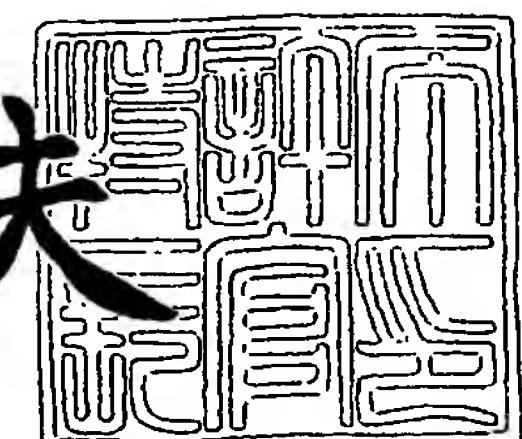
出願人
Applicant(s): 大見忠弘

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 5月21日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 M-1180
【提出日】 平成15年10月14日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G03F 7/20
【発明者】
 【住所又は居所】 宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-17-301
 【氏名】 大見 忠弘
【発明者】
 【住所又は居所】 福島県郡山市緑ヶ丘東六丁目12-8
 【氏名】 柳田 公雄
【発明者】
 【住所又は居所】 宮城県仙台市青葉区川内元支倉35-2-102
 【氏名】 須川 成利
【発明者】
 【住所又は居所】 宮城県仙台市青葉区川内三十人町5-87 ドミール青葉山20
 【氏名】 武久 究
【特許出願人】
 【識別番号】 000205041
 【氏名又は名称】 大見 忠弘
【代理人】
 【識別番号】 100071272
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 後藤 洋介
【選任した代理人】
 【識別番号】 100077838
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 池田 憲保
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 012416
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0303948

【書類名】特許請求の範囲**【請求項1】**

二次元に配列された微小ミラーを含むミラーデバイスにパルス光源からのパルス状の露光光を入射し、前記ミラーデバイスから出力される投影パターンを用いて基板上にパターンを描画するパターン描画方法において、前記ミラーデバイスから出力される投影パターンを直接または縮小投影して前記基板上のパターン投影領域の実質的に全面を複数回オーバーラップさせて露光し、かつ前記パルス状の露光光のエネルギー値に基づいて、前記基板上のパターン投影領域における前記各微小ミラーが投影される各領域を露光する前記パルス状の露光光の重なる回数を制御することを特徴とするパターン描画方法。

【請求項2】

請求項1において、前記ミラーデバイスに入射する露光光の一部を検出することにより、前記露光光のエネルギー値を測定し、測定結果に基づいて、前記微小ミラーをON、OFF制御することを特徴とするパターン描画方法。

【請求項3】

二次元に配列された微小ミラーを含むミラーデバイスにパルス光源からのパルス状の露光光を入射し、前記ミラーデバイスから出力される投影パターンを用いて基板上にパターンを描画するパターン描画方法において、前記ミラーデバイスから出力される投影パターンを前記基板上のパターン投影領域に部分的にオーバーラップさせて複数回露光し、当該露光光の重なる回数によってグレースケールを再現することを特徴とするパターン描画方法。

【請求項4】

二次元に配列された微小ミラーを含むミラーデバイスにパルス光源からのパルス状の露光光を入射し、前記ミラーデバイスから出力される投影パターンを用いて基板上にパターンを描画するパターン描画装置において、前記パルス状の露光光のエネルギー値を検出する検出手段と、前記検出手段によって検出された検出結果に基づき、前記パルス状の露光光におけるエネルギーバラツキを補正するグレースケールを計算し、計算結果によって前記ミラーデバイスを構成する微小ミラーをON、OFF制御する補正装置を含むことを特徴とするパターン描画装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】パターン描画方法、及びパターン描画装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体集積回路製造時の露光工程で用いられるマスクを製造するために用いられるマスク描画装置に適用するパターン描画方法、及び、パターン描画装置に関する。また、本発明はマスクを用いずに回路パターンをウエハ上に直接描画するマスクレス露光装置にも適用できるパターン描画方法、及びパターン描画装置である。

【背景技術】

【0002】

一般に、半導体集積回路の製造時の露光工程では、回路パターンが描かれたマスク（レチカルと呼ばることもある。）を用いてレジストが塗布されたウエハ上に回路パターンを描画させる（パターン露光と呼ばれる。）必要があり、そのための装置は露光装置あるいは露光機と呼ばれる。

【0003】

一方、マスクを製造するには、マスクの基板となる石英板などの表面に、目的とする回路パターンに相当するパターン状に露光光を通過させるように遮光用のクロム膜などを付ける必要がある。このクロム膜などはパターン露光によって形成され、そのパターン露光を行う装置はマスク描画装置と呼ばれる。マスク描画装置の手法には、電子ビームを用いた電子ビーム描画が一般的であり、そのための装置は電子ビーム描画装置（以下、EB描画装置と示す。）と呼ばれている。

【0004】

ただし、マスク描画装置には、EB描画装置の他に、紫外域のレーザ光（以下、紫外レーザ光と略す。）を用いてパターン描画（すなわちレジストが塗布されたマスク基板に対してパターン露光）する手法に基づく装置（レーザビーム描画装置と呼ばれることがある。）も製品化されている。その装置の従来例としては、微小なミラーを二次元配列状に多数並べたデバイス（デジタルマイクロミラーデバイスなどと呼ばれるが、ここでは、以下、ミラーデバイスと略す。）を用いて、これにパルス状の紫外レーザ光を照射し、反射光をパターン的に制御して、マスク基板上にパターン描画するものである。このレーザビーム描画装置では、回路パターンの中の一部のパターンを一括して露光できることから、処理速度が速い特徴があることが知られている。なお、これに関しては、例えば、Proceedings of SPIE, Vol.4186, PP.16-21（非特許文献1）、あるいは、USP6,428,940（特許文献1）において示されている。

【0005】

これによると、ミラーデバイスを用いた従来のレーザビーム描画装置では、およそ100万個（約500×約2000個）のマイクロミラーを用いたミラーデバイスが用いられ、各マイクロミラーは16ミクロン前後の大きさである。これを縮小投影光学系によって、マスク基板上に1/160の大きさに縮小投影させている。その結果、1つのマイクロミラーに対応する投影パターンは一辺0.1ミクロン、すなわち100nmの正方形になる。ただし、特にマスクを描画する場合は、設計上の最小寸法（これは最小グリッドと呼ばれる。）は1から4nmと、マイクロミラーの縮小投影サイズよりも遥かに小さい。そこで、実際に現像後のレジストにおいて、一辺100nmの投影サイズよりも小さいパターンを形成させるために、投影されるパターンに照射させる光量を変化させている。例えば、前記文献によると、光量を64段階に変化させる（グレースケールを利用する）ことで、最小グリッドとしては、100nmの1/64である1.56nmに対応させている。

【0006】

このように、グレースケールを利用して1つのマイクロミラーの縮小投影パターンよりも小さなサイズの最小グリッドに対応させる従来手法では、ミラーデバイスにおける各マイクロミラーの偏向角度を制御し、それによって、投影されるレーザ光の強度を変化させ

ている。なお、このグレースケールの手法を、以下、ミラー偏向量調整法と呼ぶ。

【0007】

上記した従来のレーザビーム描画装置における紫外光源であるレーザ装置には、通常の露光装置（一般にエキシマステッパと呼ばれる。）に用いられるのと同様に、2000Hzの繰り返しパルス動作を行うエキシマレーザが用いられる。ただし、エキシマレーザではパルスエネルギーにはらつきが、±10%前後と大きいため、各マイクロミラーが投影されるそれぞれの投影スポットでの露光量にはらつきを生じる。その結果、前述したように、64段階に光量を変化させても、実際には目的通りの光量段階が得られなくなってしまう。

【0008】

そこで、従来のレーザビーム描画装置では、同一の投影スポットを少なくとも二重に露光する（各マイクロミラーが投影される各場所に2ショット照射する。）ことが行われることがあった。即ち、図6(a)に示したように、エキシマレーザからの1ショット目を、目標のエネルギー値よりも低めに設定し、それぞれのパルスエネルギーが目標値よりも小さくなるようにして、照射すると共に、それぞれのパルスエネルギーを測定する。一方、図6(b)に示したように、2ショット目には、目標エネルギー値と測定された各パルスエネルギーの差に相当するエネルギーのパルスレーザ光を照射するようとする。その結果、図6(c)に示したように、ほぼ均一なエネルギー（すなわち露光量）が得られる。

【0009】

なお、以上に関しては、例えば、特表2002-506233（特願2000-534918）（特許文献2）において述べられている。ただし、実際にはこのような二重露光よりも、さらに露光量を均一化するために、四重露光が行われる場合が多い。

【0010】

前記従来のミラー偏向量調整法では、基板に対して、各マイクロミラーからの投影像の光量を64段階にも変化させていたが、これによると、各マイクロミラーの偏向量を常に極めて正確に制御する必要があるが、実際には何日も動作させていくと、各マイクロミラーに印加する電圧に対する偏向量の値が少しづつ変化していくことがあり、これが問題であった。

【0011】

そこで、本発明者では、各マイクロミラーの偏向量を微妙に調整せずに、単にON、OFF動作のみを行うことで、中間光量（グレースケール）を実現する手法を、特願2003-148326（特許文献3）において提案した。これによると、パルス光源からのパルス状の露光光が照射される度に、ミラーデバイスの投影像を少しづつ重なるように、マスク基板を移動させることで、各マイクロミラーが投影される位置に、複数回の露光を与えることができ、これによってグレースケールを実現できる。なお、このグレースケールの手法を、以下、多重スポット方式と呼ぶ。

【0012】

この多重スポット方式の技術に関して図3を用いて説明する。即ち、一辺が100nm程度と露光波長の248nmよりも小さい解像限界程度のサイズに縮小すると、各マイクロミラーからの投影パターンは境界線がぼけてしまうため、例えば、5個並んだマイクロミラーからの投影パターンであるスポットは図3(a)に示したように、隣接するスポットがオーバーラップする。多重スポット方式では、各スポットに多数回紫外光が照射されるため、露光量は図3(b)に示されたようになっている。この図では、全てのスポットが5回づつかさなっている。これによる現像後のレジストパターンは図3(c)に示したようになる。

【0013】

グレースケールを再現するには、例えば、レジストパターンの境界位置を広げる場合は、図4(a)に示したように、境界位置でのスポットの重なり回数を増やして露光量を増加させる。その結果、レジストが現像する閾値の露光量を与える位置が外側に移動することから、レジストパターンが広がる。また、逆に、図4(b)に示したように、レジスト

パターンの境界位置を狭める場合は、境界位置でのスポットの重なり回数を減らせばよい。

【非特許文献1】 Proceedings of SPIE, Vol. 4186, PP. 16-21

【特許文献1】 USP6,428,940

【特許文献2】 特表2002-506233号公報

【特許文献3】 特願2003-148326号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

前記多重スポット方式のレーザビーム描画装置において、光源のパルスレーザ光のエネルギーばらつきが大きい場合、やはり前述したミラー偏向量調整方式と同様に、二重に露光することで、エネルギーを均一化することも可能である。

【0015】

ところが、二重あるいは四重などの多重露光を行うと、描画時間が長くなることが問題である。例えば、二重露光は、露光に掛かる正味の時間が2倍になってしまう。

【0016】

本発明の目的は、多重スポット方式によるレーザビーム描画装置において、描画時間が長くならずに、均一な露光量を得ることが可能なパターン描画方法、及びパターン描画装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0017】

前記目的を達成するために、ミラーデバイスから出力される投影パターンを直接または縮小投影して基板上のパターン投影領域の実質的に全面を複数回オーバーラップさせて露光し、かつパルス状の露光光のエネルギー値に基づいて、基板上のパターン投影領域における前記各微小ミラーが投影される各領域を露光する前記パルス状の露光光の重なる回数を制御したものである。

【0018】

これによると、グレースケールを再現するための重ね合わせスポットによって、エネルギーばらつきを相殺するための多重露光を兼ねることができるため、グレースケールの各レベルを正確に再現するために均一な露光量を得るためにだけの多重露光が不要になる。

【0019】

ただし、もしもグレースケールにおいて最も低い露光量の場合はスポットは1重（1ショット）になって、スポットの重ね合わせによるエネルギーばらつきの補正ができないが、1つのスポットのエネルギーばらつきは、目標とするエネルギーの土数%（すなわち光源のパルス光のばらつき）以内であるため、最小グリッドの精度の土数%以内となることから、レジストパターンの位置ずれが、最小グリッドの2倍以上になることはない。

【0020】

すなわち、逆に言うと、エネルギーばらつきの積算によって、最小グリッドの2倍以上のパターン位置ずれが生じるような場合は、スポットの重なり回数が少なくとも数回以上となるため、本発明のように、スポットの重なり回数を補正することで、パターン位置ずれを抑制できる。

【発明の効果】

【0021】

本発明のパターン描画方法、及びパターン描画装置によると、グレースケールを再現する際に、パルスエネルギーばらつきがあっても、同じ位置にミラーデバイスを投影させる多重露光が不要になるため、描画時間を1/2から1/4にも短縮できるようになった。また、その結果、露光光源であるパルス紫外レーザ装置においても、パルスエネルギーばらつきが比較的大きいものを利用することができるようになり、例えば、YAGレーザよりもエネルギーばらつきが数倍も大きなArFエキシマレーザを光源に利用できるようになった。その結果、露光波長を短くすることができ、解像度が向上した。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、本発明の実施形態を図面を用いて説明する。

【0023】

本発明の実施例を図1、図2、及び図5を用いて説明する。図1は本発明の実施例としてのパターン描画装置100の構成図である。

【0024】

図1に示したパターン描画装置100は、大別して、ミラーデバイス1、縮小投影光学系2、XYステージ3、及び紫外光源である紫外パルスレーザ装置5とで構成されている。紫外パルスレーザ装置5は、ここでは、10000Hzの繰り返しパルス動作を行うYAGレーザの第3高調波が用いられており、波長355nmのパルス状の紫外光L1が取り出される。紫外光L1は、ミラー6a、6bを通り、整形光学系7を通ってビーム系が拡大され、ハーフミラー8に当る。ハーフミラー8では、約98%を反射させて、紫外光L2をミラーデバイス1に当てるようになっている。

【0025】

ミラーデバイス1はここでは 1024×768 個（すなわち約80万個）のマイクロミラーが約14ミクロンピッチで縦横に並んでいる。ミラーデバイス1に当った紫外光の内、反射し、露光に利用する方向に進むもの（すなわち、ミラーデバイス1においてON動作を行うマイクロミラーに当って反射するもの）が紫外光L3となる。紫外光L3は、多数のレンズで構成される縮小投影光学系2を通り、XYステージ3上に載せられているマスク基板4上に照射される。すなわち、縮小投影光学系2によって、ミラーデバイス1の面を、i線用レジストが塗布されたマスク基板4上に縮小投影するようになっている。また、マスク基板4はXYステージ3上に載せられており、X方向のスキャンとY方向のステップによって、マスク基板4上の全域に、ミラーデバイス1からのONのマイクロミラーで構成される投影パターンを有する紫外光L4の照射位置を移動させることができ、マスク基板4の全面にパターン描画できる。

【0026】

ミラーデバイス1上でONとなるパターンをマスク基板4上に転写させる際に、本実施例では図2に示したようなグレースケールを用いている。図2では、図1のXYステージ3におけるスキャン方向（X方向）にマスク基板4が移動していくことで、紫外光L4が、ショットごとにマスク基板4上で少しづつずれた位置に照射される様子を示している。パターン描画装置100では、前述したように10000Hzのフレーム数でミラーデバイス1上のパターンが制御されるため、0.1msごとに新しいパターンがマスク基板4上に投影される。そこで、図2(a)、(b)、(c)、(d)、及び(e)には、0.1msの時間ごとの投影パターンの位置（順次、20a、20b、20c、20d、20e）が示されている。

【0027】

この例では、0.1msごとにパルス状の紫外光L1の発生によって、マスク基板4上に投影されるパターンが、投影パターンのサイズ（X方向の幅）の1/4づつ移動している。すなわち、本実施例では、各投影パターンが、フレーム間で3/4の面積が重なることから、投影パターンは、マスク基板4の全面において4回オーバーラップするようになる。したがって、4段階の階調を出すことができるようになっている。ただし、本実施例では説明しやすいように4階調の場合を図示したが、実際にはフレーム間で、例えば、99/100の面積が重なるような100階調程度を行うのが好ましい。この手法によれば、最小グリッドを1nm程度に小さくできる。

【0028】

従来装置では、紫外光L4が紫外パルスレーザ装置5からのパルスレーザ光であるため、図2(a)、(b)、(c)、(d)、及び(e)で示された各露光パターンの露光量にはばらつきがあり、正確には等しくできず、グレースケールを正確に再現することは困難であった。そこで、本発明では、図1に示したように、紫外光L2を、ハーフミラー8

を僅かに透過させて、そのエネルギーを光検出器9によって測定している。これによって、各パルスごとのエネルギーのデータが取得でき、エネルギーのばらつきを考慮するよう、グレースケールにおける重ね合わせるスポットの回数を補正している。すなわち、光検出器からのエネルギー値の信号は、信号線11aによって、グレースケール補正装置10に伝わり、ここにおいて、エネルギーばらつきを補正するようなグレースケールを計算し、計算結果に基づき、信号線11bによって、ミラーデバイス1における各マイクロミラーのON、OFF動作を制御している。

【0029】

より具体的に説明すると、図5に示したように、紫外光の各パルスエネルギーがショットごとに異なっている場合を想定する。この場合、パルスのエネルギー値を隨時測定することで、例えば、エネルギー値が目標値よりも少なめになっているパルス列が生じれば、グレースケールを再現する際の重ね合わせのスポット回数を多めに補正し、また、エネルギー値が目標値よりも多めになっているパルス列が生じれば、グレースケールを再現する際の重ね合わせのスポット回数を少なくなるように補正する。

【0030】

なお、本発明のように最小グリッドで1nm程度に対応するようなグレースケールを実現しているが、この程度の精度でマスク基板4の位置制御をXYステージ3によって行うことは非常に困難である。そこで、本実施例ではミラーデバイス1を圧電素子によって、数nmの微小な位置制御を行っており、それによるマスク基板4上に投影されるパターン位置を制御している。その理由は、マスク基板4上に投影されるパターン位置の移動量はミラーデバイス1の移動量に比べて、縮小投影光学系2の縮小倍率だけ小さくなることから、パターン位置を微小に制御できるからである。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】本発明の実施例におけるパターン描画装置100の構成図。

【図2】グレースケールを適用するための多重露光の説明図。

【図3】解像限界におけるスポット露光の説明図。

【図4】グレースケールによるレジストパターン制御の説明図。

【図5】本発明のグレースケールにおける多密度算出の説明図。

【図6】従来のミラー偏向量調整法における露光量均一化法の説明図。

【符号の説明】

【0032】

1 ミラーデバイス

2 縮小投影光学系

3 XYステージ

4 マスク基板

5 紫外パルスレーザ装置

6a、6b ミラー

7 整形光学系

8 ハーフミラー

9 光検出器

10 グレースケール補正装置

11a、11b 信号線

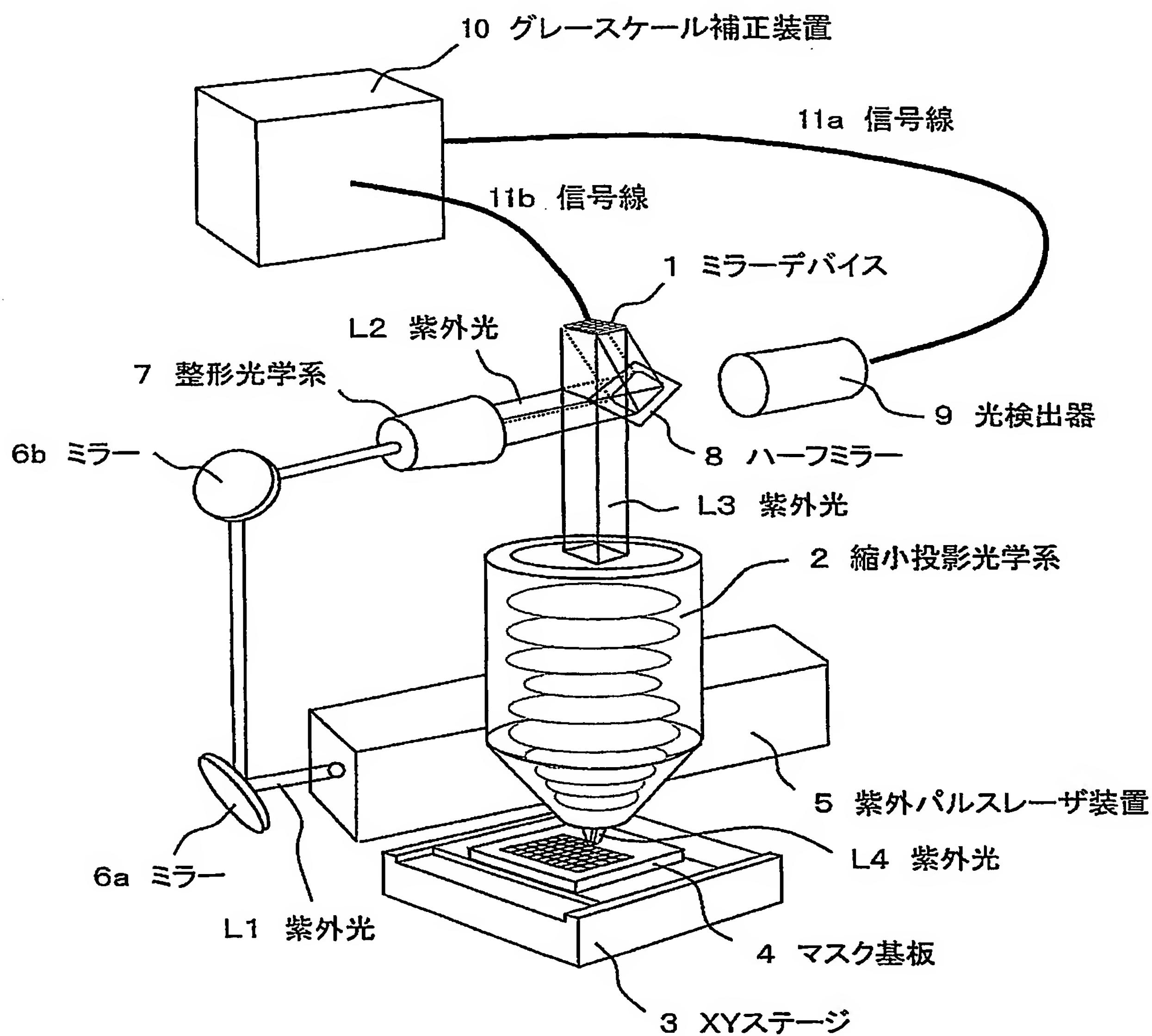
20a、20b、20c、20d、20e デジタルミラー投影パターン

100 パターン描画装置

L1、L2、L3、L4 紫外光

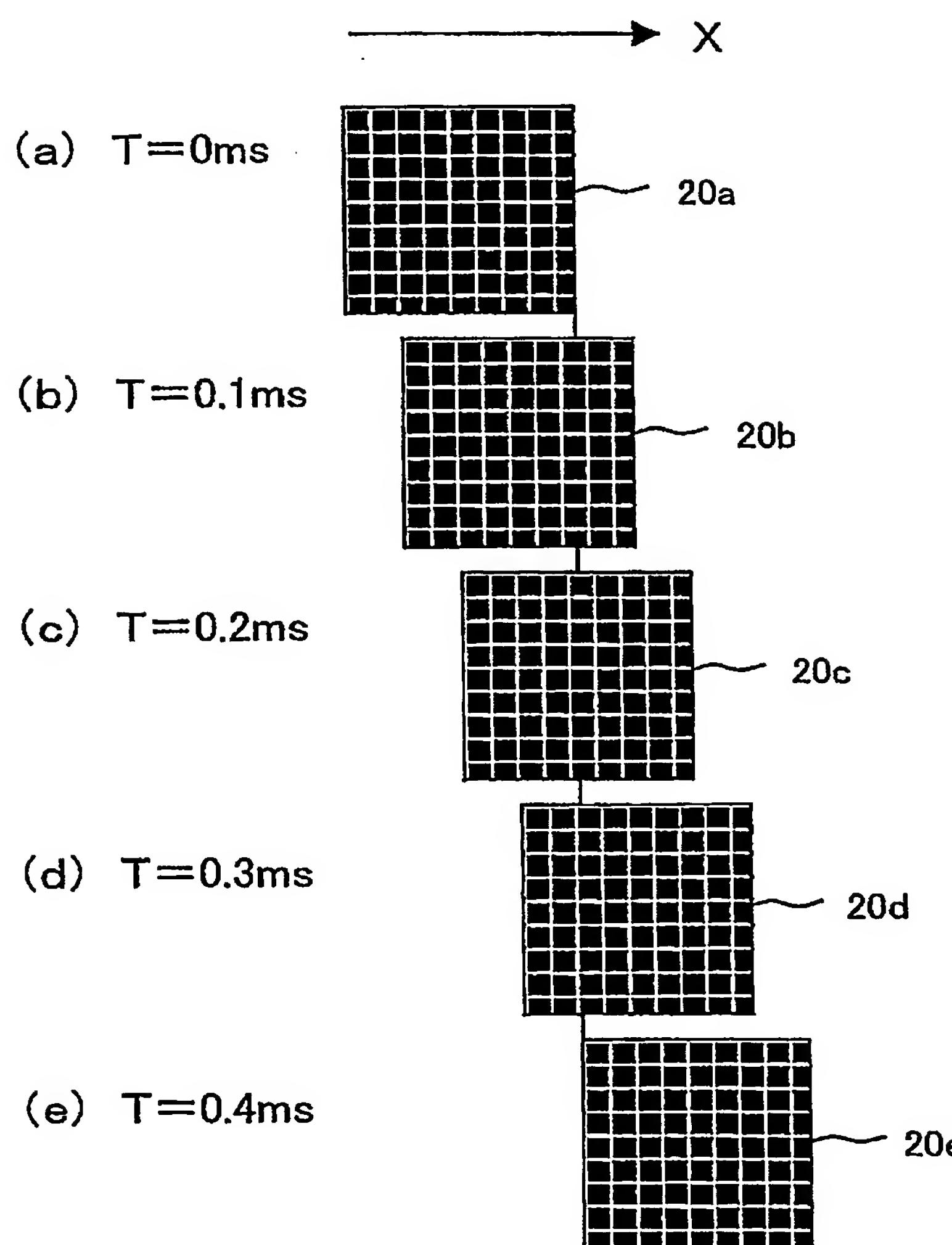
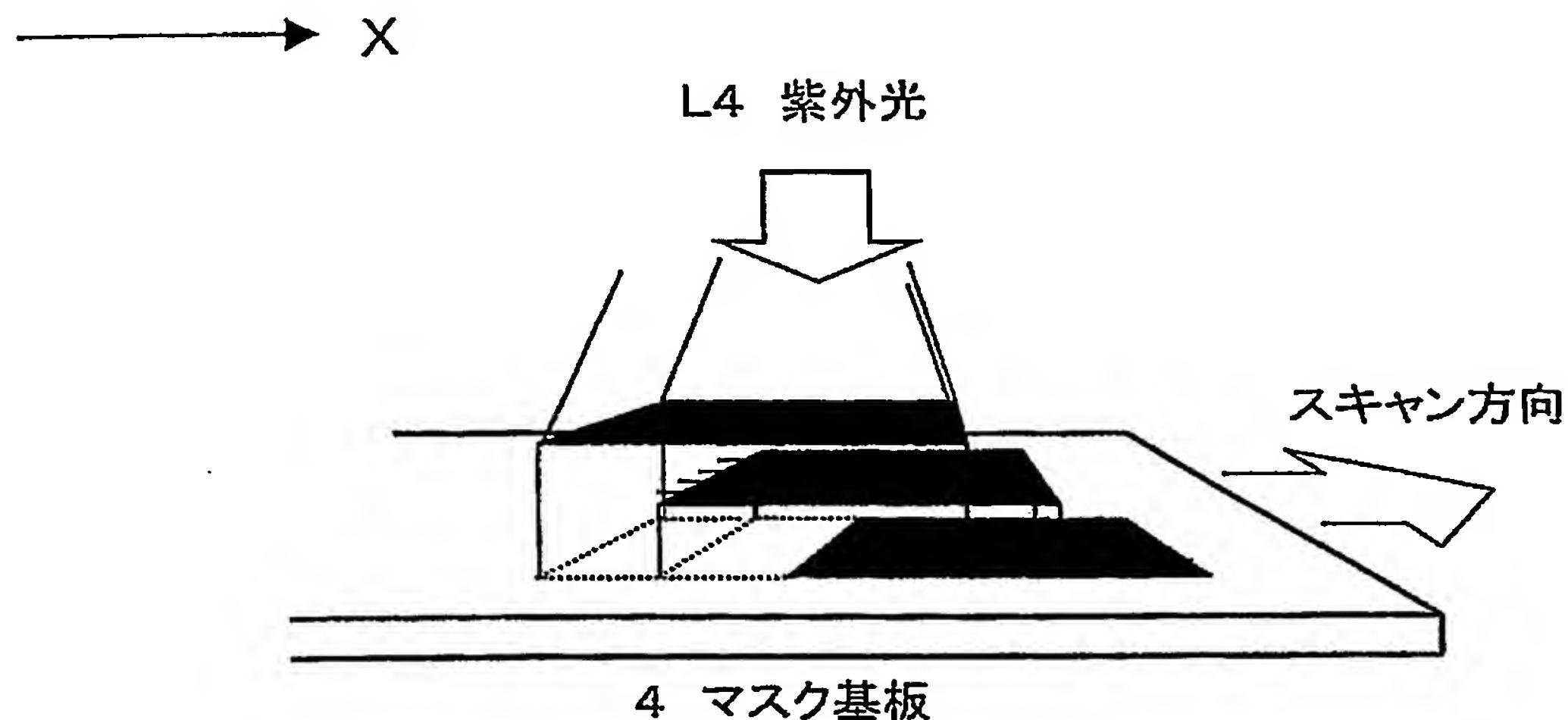
【書類名】 図面
【図 1】

本発明のパターン描画装置100の構成図

100 パターン描画装置

【図2】

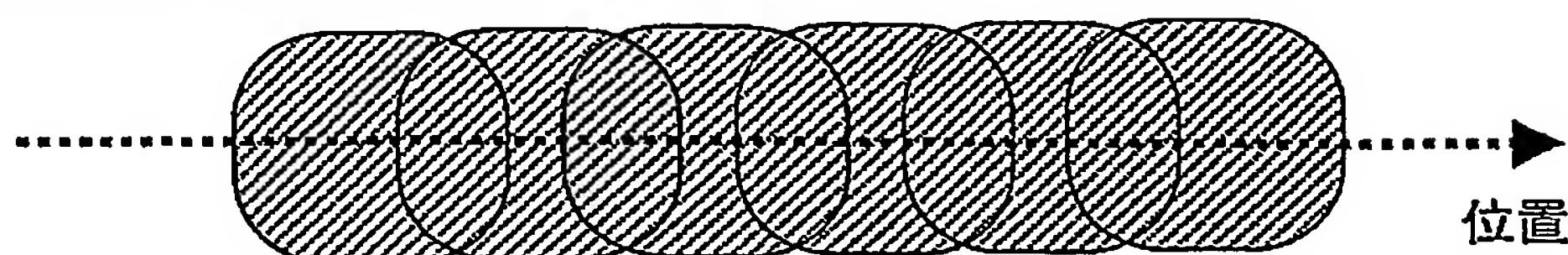
グレースケールを適用するための多重露光の説明図



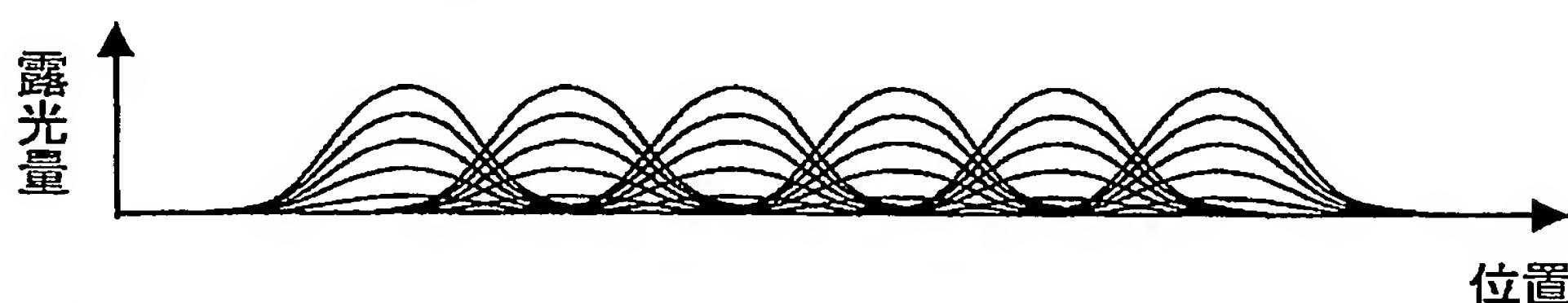
【図3】

解像限界におけるスポット露光の説明図

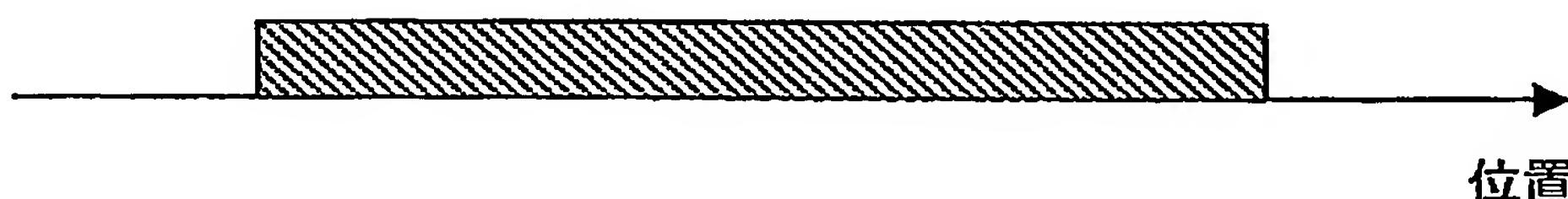
(a)解像限界におけるスポット露光



(b)多重スポットによる露光量



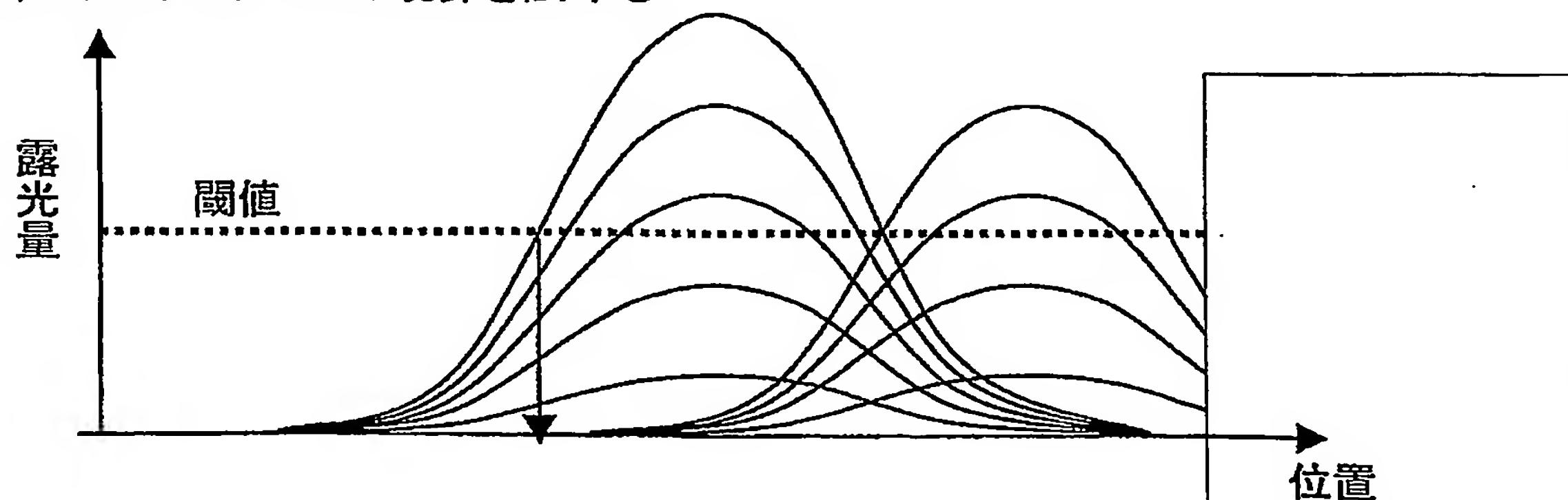
(c)現像後のレジストパターン



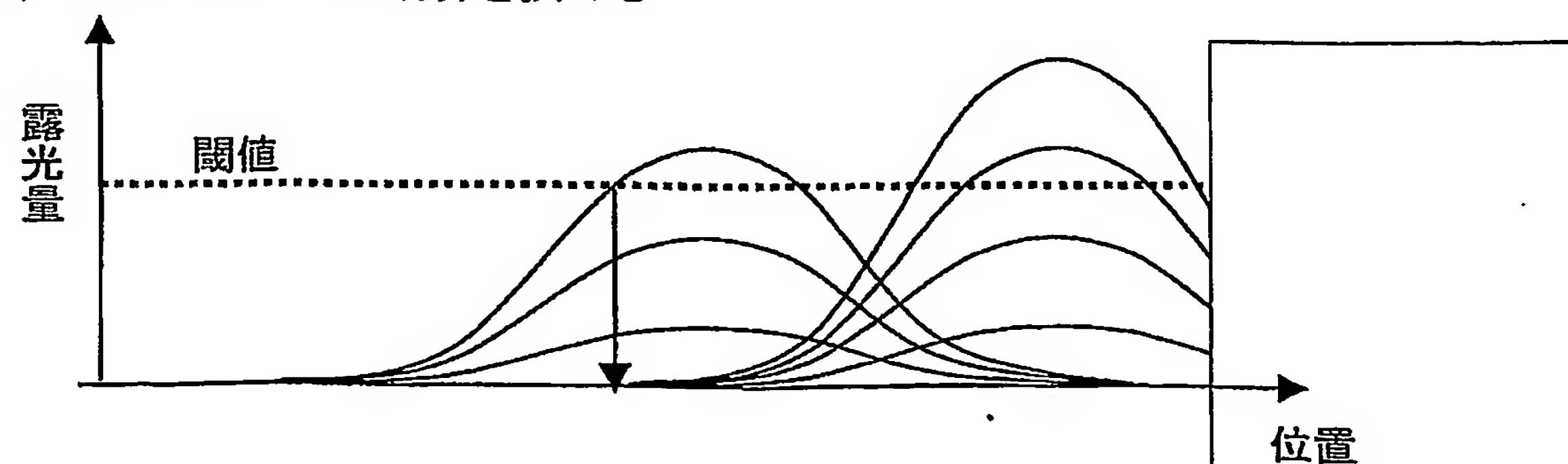
【図4】

グレースケールによるレジストパターン制御の説明図

(a)レジストパターンの境界を広げる

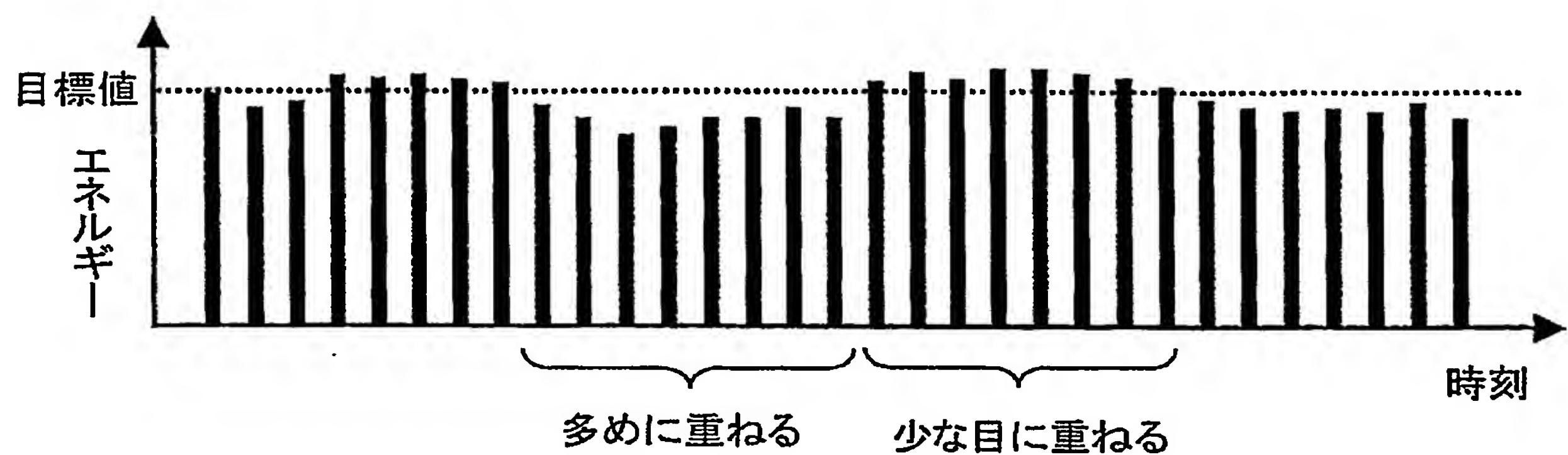


(b)レジストパターンの境界を狭める



【図 5】

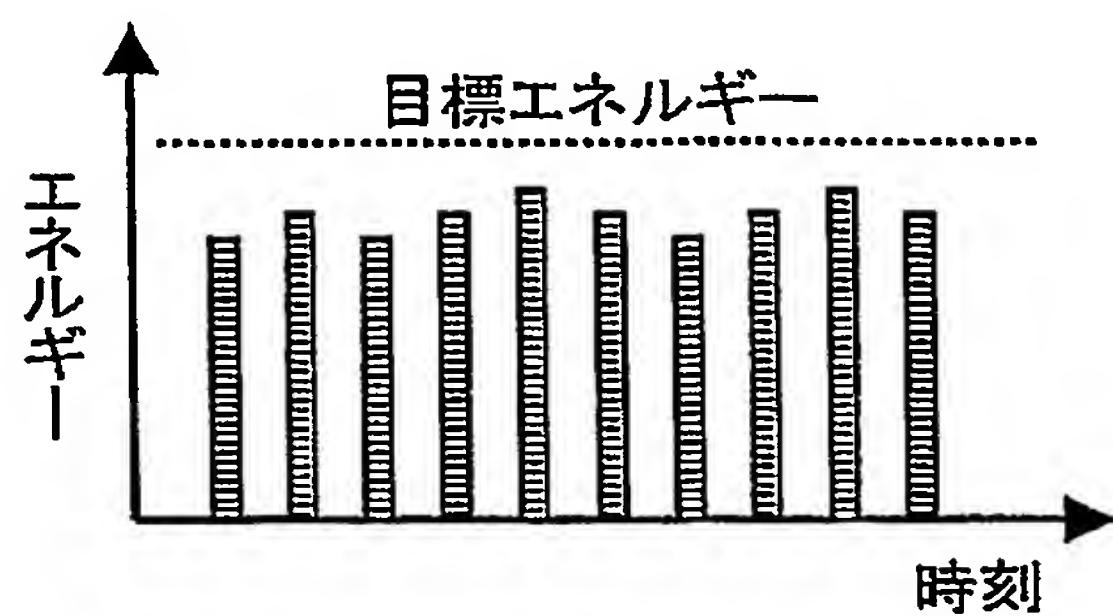
本発明のグレースケールにおける多密度算出の説明図



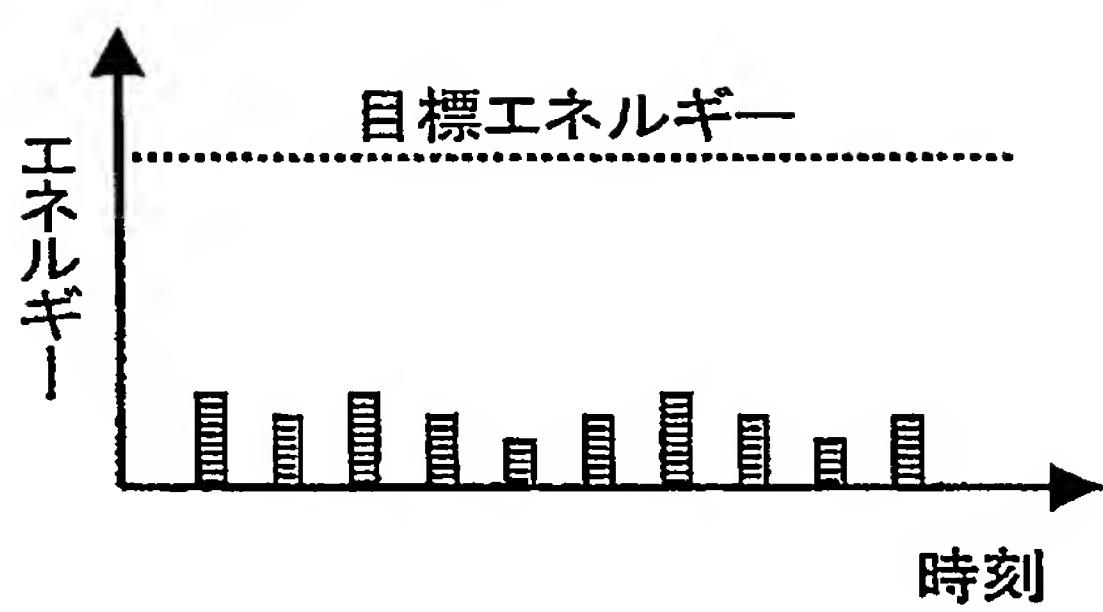
【図6】

従来のミラー偏向量調整法における露光量均一化手法の説明図

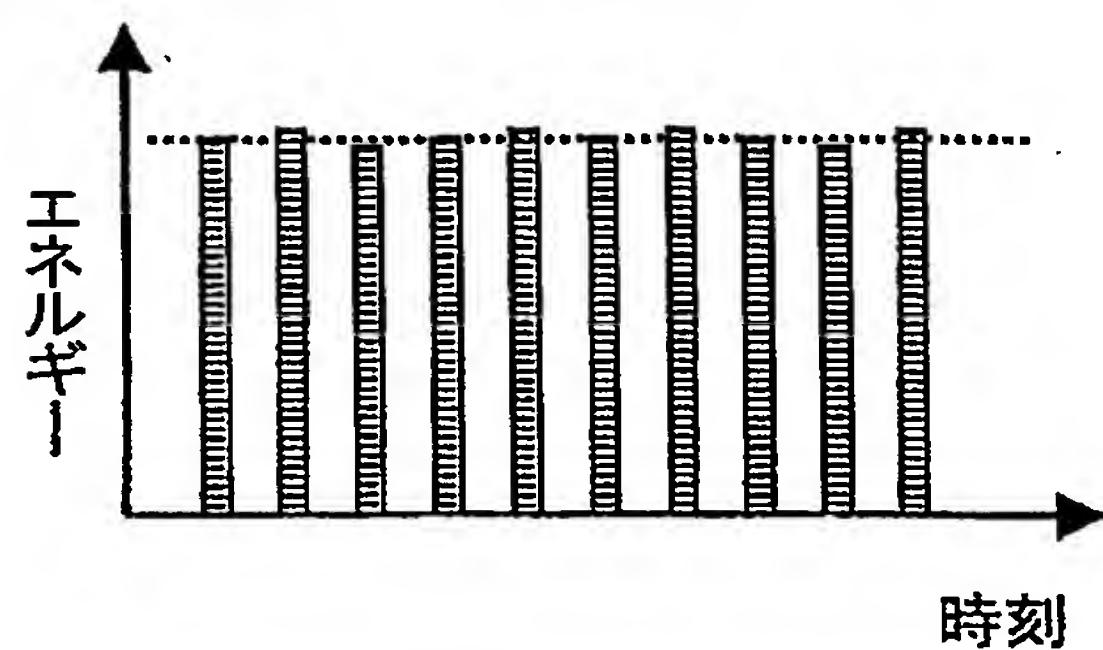
(a) 1ショット目



(b) 2ショット目



(c) エネルギーの合計



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 デジタルミラーデバイスを用いたレーザビーム描画装置におけるスポットの多重回数でグレースケールを再現する場合に、光源のパルスレーザ光のエネルギーばらつきが大きくても、描画時間が長くならずに、均一な露光量を得ることが可能なパターン描画方法、及びパターン描画装置を提供することである。

【解決手段】 紫外光L1はハーフミラー8に当り、反射して、ミラーデバイス1に当り、縮小投影光学系2を通り、マスク基板4上に照射される。マスク基板4はXYステージ3上に載せられており、スキャン方向にマスク基板4が移動し、紫外光L4が、ショットごとにマスク基板4上で少しづつずれた位置に照射されることで、グレースケールが再現されている。

本発明では、紫外光L2を、ハーフミラー8を僅かに透過させて、そのエネルギーを光検出器9によって測定している。これによって、各パルスごとのエネルギーのデータが取得でき、エネルギーのばらつきを考慮するように、グレースケールにおける重ね合わせるスポットの回数を補正している。すなわち、光検出器からのエネルギー値によって、グレースケール補正装置10は、エネルギーばらつきを補正するようなグレースケールを計算し、計算結果に基づき、ミラーデバイス1における各マイクロミラーのON、OFF動作を制御している。

【選択図】 図1

特願 2003-353433

出願人履歴情報

識別番号 [000205041]

1. 変更年月日 1990年 8月27日

[変更理由] 新規登録

住 所 宮城県仙台市青葉区米ヶ袋2-1-17-301

氏 名 大見 忠弘